

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОФИЗИКИ

УТВЕРЖДЕНО:  
на заседании кафедры  
протокол от «30» марта 2022 г. № 9

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Т.И. Шарипов



СОГЛАСОВАНО:  
Директор физико-технического института

\_\_\_\_\_ / И.Ф.Шарафуллин

«30» марта 2022 г.

УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ  
ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В  
АСПИРАНТУРЕ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Научная специальность

1.3.5. ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА  
(шифр и наименование научной специальности)

Срок освоения программы аспирантуры  
4 года

Форма обучения  
Очная

Год приема – 2022 г.

Разработчик (разработчики) компонента образовательной программы, являющегося служебным произведением:

Разработчик (разработчики) подтверждает(ют), что настоящий компонент образовательной программы написан лично, не нарушает интеллектуальные права третьих лиц и не содержит сведения, составляющие государственную тайну:



\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_Т.И. Шарипов\_\_\_\_\_

(подпись) к.ф.-м.н., зав. кафедрой физической электроники и нанофизики БашГУ

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины (модуля), приняты на заседании (наименование кафедры): \_\_\_\_\_, протокол от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_.

© Башкирский государственный университет, 2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Общие положения
2.	Цели и задачи освоения дисциплины
3.	Место дисциплины в структуре образовательной программы
4.	Требования к результатам освоения дисциплины и перечень этапов освоения дисциплины
5.	Контроль качества освоения дисциплины
6.	Структура и содержание дисциплины
7.	Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине
8.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины
9.	Материально-техническое обеспечение дисциплины

## **1. Общие положения.**

### **1.1. Нормативное обоснование разработки компонента образовательной программы.**

Настоящий компонент образовательной программы разработан на основании:

Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»;

Постановления Правительства РФ от 30.11.2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

Приказа Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;

Устава Башкирского государственного университета.

### **1.2. Сокращения и определения, используемые в настоящем компоненте образовательной программы:**

Программа аспирантуры (ОП ВО) – образовательная программа высшего образования – программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре).

Рабочая программа дисциплины – компонент программы аспирантуры.

Учебный план – компонент программы аспирантуры, который представлен в виде перечня этапов освоения образовательного компонента программы аспирантуры, распределение курсов дисциплин и практики.

Университет – Башкирский государственный университет (филиал).

Аспирант – лицо, обучающиеся в аспирантуре по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров.

ФГТ – федеральные государственные требования.

ФОС – фонд оценочных средств.

ЭИОС – электронная информационно-образовательная среда.

з.е. – зачетная единица.

а.ч.– академический час.

### **1.3. Настоящий компонент программы аспирантуры не содержит сведения, составляющие государственную и иную охраняемую законом тайну.**

## **2. Цели и задачи освоения дисциплины.**

### **Цель (цели) освоения дисциплины:**

– проверка сформированности умений в области применения эмиссионной, твердотельной, вакуумной электроники использования междисциплинарных установок и общенаучных понятий в решении комплексных задач теории и практики в конкретно научной исследовательской деятельности;

– владение основными категориями и методами на уровне, позволяющем получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач в области физических дисциплин;

– получение практических навыков аргументации в обосновании научного статуса и актуальности конкретной исследовательской задачи, в работе с внеэмпирическими методами оценки выдвигаемых проблем и гипотез.

*(Указываются цели освоения дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы).*

### **Задачи:**

– способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области физической электроники.

*(Перечисляются задачи, соотношенные с поставленной целью и позволяющие достигнуть запланированных результатов обучения).*

### **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.**

Настоящая дисциплина относится к образовательному компоненту программы аспирантуры, а также содержит промежуточную аттестацию по дисциплине.

Дисциплина реализуется в порядке и в сроки, установленные календарным учебным графиком программы аспирантуры.

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании научно-квалификационной работы.

Пререквизиты дисциплины:

2.1.1.3. Физическая электроника

Постреквизиты дисциплины:

2.3.3. Кандидатский экзамен по научной специальности "Физическая электроника"

### **4. Требования к результатам освоения дисциплины и перечень этапов освоения дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения с характеризующими этапами освоения дисциплины:

#### **4.1. Первый этап «Знать»**

– физические явления в электронных приборах и основы теории электронных приборов; задачи экспериментального исследования;

– важнейшие проблемы и задачи современной физической электроники; современные концепции физической электроники; основные термины физической электроники;

– теорию и технику эксперимента, физические явления и принципы работы экспериментальной техники.

#### **4.2. Первый этап «Уметь»**

– применять теоретические знания в области физической электроники в ходе научного исследования;

– применять расчеты основных параметров физической электроники;

– проводить эксперименты на современной аппаратуре с применением программно-аппаратных средств для проведения научных исследований;

#### **4.3. Первый этап «Владеть»**

– основными подходами физической электроники;

– расчетами основных параметров физической электроники;

– методикой проведения экспериментов на современной аппаратуре.

### **5. Контроль качества освоения дисциплины.**

Контроль качества освоения дисциплины как компонента программ аспирантуры включает в себя текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию аспирантов.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку хода этапов освоения дисциплины.

Промежуточная аттестация аспирантов обеспечивает оценку результатов освоения дисциплины.

Порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации определяется локальным нормативным актом Университета.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет (зачет с оценкой, кандидатский экзамен).

### **6. Структура и содержание дисциплины.**

#### **6.1. Структура дисциплины.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часа).

Приводимая ниже таблица показывает распределение учебного времени, отводимого на освоение разделов дисциплины по формам учебного занятия.

Наименование формы учебного занятия по дисциплине	Трудоемкость дисциплины в з.е./а.ч.	
	Всего	4 семестр
<b>1. Аудиторные занятия, в том числе:</b>	0,56/20	0,56/20
1.1. Лекции (Л)	0,45/16	0,45/16
1.2. Практические занятия (ПЗ)	0,11/4	0,11/4
<b>2. Самостоятельная работа аспиранта (СРА), в том числе:</b>	3,44/124	4,44/124
2.1. Выполнение заданий по СРА по разделам дисциплины	2,44/88	2,44/88
2.2. Подготовка к промежуточной аттестации	1,00/36	1,00/36

**6.2. Разделы дисциплины и формы учебных занятий по разделам дисциплины.**

№ п/п	Тема раздела дисциплины	Формы учебных занятий и трудоемкость в а.ч.				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая аспирантам (номера из списка)	Задания по СРА	Форма текущего контроля успеваемости
		Л	ПЗ	ЛР	СРА			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 семестр								
Наименование раздела дисциплины								
1.	Модуль 1: Корпускулярная оптика Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель преломления в корпускулярной оптике. Оптический и механический подходы при решении задач корпускулярной оптики. Законы подобия. Параксиальные пучки. Основные свойства аксиально симметричных электростатических и магнитных полей. Основные типы электростатических линз. Магнитные линзы. Расчет фокусных расстояний. Аберрации линз. Электронные микроскопы. Общие принципы работы. Конструкции электронных микроскопов.	-	-	-	12			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен
2.	Модуль 2: Эмиссионная электроника Термоэлектронная эмиссия	-	-	-	12			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен

	<p>(ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Вакуумный диод с термокатодом и его вольт-амперная характеристика. Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твердым телом. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. Распыление. Механизмы распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов низких и средних энергий. Обратное резерфордовское рассеяние. Фотоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная и взрывная эмиссия.</p>							
3.	<p>Модуль 3: Вакуумная электроника  Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Устойчивость пучков в дрейфовом 25 пространстве. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное и</p>	-	-	-	12			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен



	<p>ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Доплера. Источники СВЧ - излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, лазеры на свободных электронах. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы.</p>						
4.	<p>Модуль 4: Электроника твердого тела  Физические основы электроники твердого тела. Особенности динамики электрона в идеальном твердом теле. Волновая функция, квазиимпульс, зоны Бриллюэна, зонный энергетический спектр, закон дисперсии. Энергетический спектр электрона в кристалле во внешних полях (электрическом и магнитном). Дырки как способ описания ансамбля электронов, свойства и законы движения дырок. Энергетический спектр электрона в ограниченном кристалле. Условия локализации. Локализованные состояния Тамма. Поверхностные состояния Шокли. Типы точечных дефектов в кристаллах. Акцепторные и донорные примеси в полупроводниках.</p>	-	-	-	13		индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен

<p>Статистика носителей заряда в полупроводниках. Обоснование применения статистики Ферми-Дирака к электронам в твердом теле (идеальном). Статистика примесных состояний. Невырожденные и вырожденные полупроводники. Уровень электрохимического потенциала и концентрация свободных и связанных носителей в вырожденных полупроводниках: в собственном, с одним типом примеси, в частично компенсированном. Явление компенсации. Явления переноса заряда в твердом теле. Электропроводность полупроводников и металлов. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна. Неравновесные носители заряда в полупроводниках и диэлектриках. Генерация и рекомбинация. Механизмы рекомбинации. Диффузия и дрейф неравновесных носителей, соотношение Эйнштейна. Контактные явления. Различные типы контактов. Контакт твердое тело вакуум. Контакт металл полупроводник. Диоды Шоттки. Диодная и диффузионная теории выпрямления. Электронно-дырочный переход.</p>							
--	--	--	--	--	--	--	--

<p>Количественная теория инъекции и экстракции неосновных носителей. Выпрямление и усиление с помощью р - п 26 переходов. Статическая вольт -амперная характеристика (ВАХ) р -п перехода. Туннельный эффект в р -п переходах. Основные представления о полупроводниковых гетеропереходах, их применение. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение и испускание света полупроводниками. Поглощение и излучение при оптических переходах зоназона. Прямые и не прямые переходы. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные характеристики поглощения кристаллами. Спонтанное и вынужденное излучение. Полупроводниковые лазеры. Фотоэффект в р - п переходах. Солнечные батареи. Преобразование электрических сигналов в световые. Нанoeлектроника. Квантовые ямы и сверхрешетки. Квантовые нити и квантовые точки. Электронные состояния в наноструктурах. Оптические свойства наноструктур. Одноэлектронные явления</p>							
---	--	--	--	--	--	--	--

	в нанoeлектронных устройствах. Нанотехнология. Приборы нанoeлектроники.							
5.	<p>Модуль 5: Физические основы электроники поверхности и пленочной электроники</p> <p>Энергетическая диаграмма реальной поверхности. Поверхностные состояния. Эффект поля и поверхностная проводимость. Влияние адсорбированных частиц на поверхностную проводимость. Полевые транзисторы. Проблема микроминиатюризации элементов микроэлектроники.</p> <p>Полупроводниковые, пленочные и гибридные интегральные схемы. Фотолитография, рентгеновская и электронная литографии. Особенности структуры пленок, связанные с характером зарождения. Текстурированные и эпитаксиальные пленки. Структурные несовершенства. Явления переноса в тонких металлических пленках. Дисперсные пленки. Сплошные пленки. Размерные эффекты в пленках. Тонкие диэлектрические и полупроводниковые пленки. Диэлектрические потери. Токопрохождение</p>	-	-	-	13			индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, экзамен

	<p>через диэлектрические слои. Туннелирование. Надбарьерная эмиссия электронов. Токи, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ). Пленочные активные элементы. Использование неравновесных (горячих) электронов в металлических пленках.</p>						
6.	<p>Модуль 6: Методы анализа поверхности и тонких пленок  Методики проверки определения плотности поверхностных состояний, основанные на эффекте поля ( C - V метод и метод, основанный на изменении поверхностной проводимости). Основы энергоанализа заряженных частиц. Основные типы энергоанализаторов.  Методы регистрации частиц. Вторичный электронный умножитель. Детекторы для быстрых частиц (поверхностно - барьерный детектор). Дифракция медленных и быстрых электронов (на просвет и отражение) как методы исследования структуры поверхности. Электронная Оже - спектроскопия. Основное уравнение.  Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС и УФЭС). Рентгеновская фотоэлектронная</p>	8	2	-	13		индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, семинарские занятия, контрольная работа, экзамен

	<p>спектроскопия (РФЭС или ЭСХА электронная спектроскопия для химического анализа) и конструкции приборов. Химические сдвиги уровней. Количественная РФЭС. Спектроскопия характеристических потерь энергии (СХПЭЭ). Конструкции приборов. Одночастичные и многочастичные возбуждения электронов в твердом теле. Количественная СХПЭЭ. Растровая электронная микроскопия. Режимы работы. Особенности формирования контраста. Рентгеновский микроанализ. Конструкции растровых электронных микроскопов и микроанализаторов. Туннельная и атомно - силовая микроскопия. Физические основы. Конструкция микроскопов. Масс -спектрометрия вторичных ионов (МСВИ). Обратное резерфордское рассеяние.</p>						
7.	<p>Модуль 7: Функциональная электроника Магнетоэлектроника. Цилиндрические магнитные домены. Магнитные запоминающие устройства: на ферритах и на тонких пленках. Акустоэлектроника: взаимодействие электронов с длинно -волновыми</p>	8	2	-	13		индивид. проверка конспектов, дискуссия на лекции, семинарские занятия, контрольная работа, экзамен

<p>акустическими колебаниями решетки, акустоэлектрический эффект, усиление ультразвуковых волн. Акустоэлектрические явления на поверхностных волнах и их практические применения</p> <p>малогабаритные линии задержки, усилители и генераторы электрических колебаний. Молекулярная электроника. Основные принципы молекулярной электроники. Электронные возбуждения, используемые для передачи и хранения информации в молекулярных системах. Фотопроводимость. Кривоэлектроника. Электронные свойства твердых тел (металлы, диэлектрики, полупроводники) при низких температурах. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. 28 Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.</p>	16	4		88			
Всего							

### 6.3. Практические занятия.

№	Тема	Трудоемкость
<b>0 семестр</b>		
<b>Наименование раздела дисциплины</b>		

### 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

#### 7.1. Критерии оценки СРА:

- объем проработанного материала в соответствии с заданием;
- степень исполнительности (проработанность всех аспектов задания, оформление материала в соответствии с требованиями, соблюдение установленных сроков представления работы на проверку и т.п.);
- степень самостоятельности, творческой активности, инициативности аспирантов, наличие элементов новизны в процессе выполнения заданий;
- качество освоения учебного материала (умение аспиранта использовать теоретические знания при выполнении практических задач, обоснованность и четкость изложения изученного материала и т.д.).

#### 7.2. Критерии оценивания для кандидатского экзамена по научной специальности.

Оценка «отлично» – наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;

Оценка «хорошо» – наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;

Оценка «удовлетворительно» – наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» – наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

#### 7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков.

#### Система контроля и оценивания качество усвоения дисциплины аспирантом.

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – письменная контрольная работа. Аттестация по итогам освоения дисциплины – кандидатский экзамен.

#### Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Экзамен оценивается по пятибалльной шкале

Структура экзаменационного билета: билет состоит из двух теоретических вопросов.

#### Примерные вопросы для экзамена

1. Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую.
2. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.
3. Полупроводниковые, пленочные и гибридные интегральные схемы.



4. Фотолитография, рентгеновская и электронная литографии.
5. Особенности структуры пленок, связанные с характером зарождения.
6. Текстурированные и эпитаксиальные пленки. Структурные несовершенства. Явления переноса в тонких металлических пленках.
7. Дисперсные пленки. Сплошные пленки. Размерные эффекты в пленках.

**Образец экзаменационного билета**  
**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
**КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОФИЗИКИ**  
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**  
по дисциплине «Физическая электроника»  
Направление направления 03.06.01 «Физика и астрономия»  
Профиль «Физическая электроника»

1. Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую.
  2. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.
- «Утверждаю»  
Заведующий кафедрой  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Шарипов Т.И.  
(подпись) (Ф.И.О.)

**Примерные критерии оценивания ответа на экзамене**

5 баллов (отлично) выставляется аспиранту, если он дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

4 балла (хорошо) выставляется, если аспиранту, если он раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

3 (удовлетворительно) выставляется аспиранту, если при ответе на теоретические вопросы им допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Аспирант не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

2 (неудовлетворительно) выставляется аспиранту, если ответы на теоретические вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

**Семинарские занятия**

**Семинар 1. Влияние внешнего электрического поля на ТЭЭ металлов.**

Примерные темы для семинарского занятия №1:

Эффект Шоттки. Аномальный эффект Шоттки.

## Семинар 2. Влияние внешнего электрического поля на ТЭЭ полупроводников

Примерные темы для семинарского занятия №2:

Радиус экранирования Дебая-Хюккеля. Влияние адсорбции чужеродных атомов поверхности металлов на ТЭЭ; системы Th-W, Ba-W, Cs-W, Cs-O-W. Термоэлектрические преобразователи тепловой энергии в электрическую .

### Критерии оценивания доклада на семинаре:

- Оценка «зачтено» ставится, если аспирант хорошо раскрыл и проработал вопрос и хорошо доложил на семинаре с использованием мультимедиа.

- Оценка «не зачтено» ставится, если аспирант не выполнил задание или же не раскрыл и не проработал вопрос более 50 % и не смог внятно преподнести материал на семинаре.

### Вопросы для промежуточной аттестации (КСР)

1. Изучением каких основных вопросов занимается физическая электроника?
2. Какие проблемы стоят перед современной физической электроникой?
3. Физическая природа работы выхода?
4. Как влияет адсорбция чужеродных атомов на работу выхода?
5. Что такое поле пятен?
5. В чем состоит суть термодинамического вывода основного уравнения термоэлектронной эмиссии?
6. Как влияет внешнее электрическое поле на термоэлектронную эмиссию?
7. Что такое радиус экранирования Дебая-Хюккеля?
8. Основные характеристики оксидного катода.
10. Как устроены термоэлектронные преобразователи тепловой энергии в электрическую?
11. Назовите основные законы фотоэффекта?
12. Фотонная теория фотоэффекта Эйнштейна.
13. Теория фотоэмиссии Фаулера.
14. Модель фотоэмиссии Кейна.
15. Теория фотоэмиссии Спайсера.
16. Вывод уравнения Фаулера-Нордгейма.
17. Полевой электронный микроскоп-проектор Мюллера.
18. Полевая электронная спектроскопия.
19. Полевая ионизация. Теория Гомера-Ингрема. Полевой ионный микроскоп.
20. Атомный зонд и его применение для решения задач материаловедения.
21. Приведите примеры использования дифракции медленных электронов для изучения структуры поверхности твердых тел.
22. Спектроскопия характеристических потерь энергии и ее применение.
23. Оже-электронная спектроскопия.
24. Электронные умножители и их характеристики. Микроканальные пластины и электронно-оптические преобразователи.
25. На каком базовом предположении основано получение уравнения Саха-Ленгмюра?
26. В чем заключается различие между положительной и отрицательной поверхностной ионизацией?
27. Применение поверхностной ионизации для исследования поверхности твердых тел.

### Критерии оценивания ответов аспиранта:

- Оценка «зачтено» ставится в случае абсолютно верного ответа на вопрос или с незначительной ошибкой, но в объеме не менее 50% .

- Оценка «не зачтено» выставляется, если дан ответ на вопрос в объеме менее 50 или дан ответ на посторонний вопрос.

### 8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

Университет обеспечивает аспиранту доступ к учебно-методическим материалам, библиотечным фондам и библиотечно-справочным системам, а также информационным, информационно-справочным системам, профессиональным базам данных, состав которых определен

соответствующей настоящим компонентом программы аспирантуры и индивидуальным планом работы.

Электронная информационно-образовательная среда Университета обеспечивает доступ аспиранту ко всем электронным ресурсам, которые сопровождают научно-исследовательский и образовательный процессы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре согласно программе аспирантуры, в том числе к информации об итогах промежуточных аттестаций с результатами выполнения индивидуального плана научной деятельности и оценками выполнения индивидуального плана работы.

Университет обеспечивает норму обеспеченности образовательной деятельности учебными изданиями определяется исходя из расчета не менее одного учебного издания в печатной и (или) электронной форме, достаточного для освоения программы аспирантуры, на каждого аспиранта по настоящей дисциплине, входящей в индивидуальный план работы.

### 8.1. Основная литература.

1. Владимиров Г.Г.- Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие - СПб. : Лань, 2013 . – 368 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/38838>
2. Проскуровский Д.И.- Эмиссионная электроника.- Томск: Томский государственный университет, 2010. URL: <https://www.twirpx.com/file/1661305/>
3. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е. - Физические основы электроники: Учебное пособие. СПб: Лань, 2013. 560 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/5856>

### 8.2. Дополнительная литература.

4. Сушков А.Д. – Вакуумная электроника: Физико-технические основы. – СПб: Лань, 2004 – 464 с. URL: <https://lanbook.com/catalog/inzhenernotekhnicheskie-nauki/vakuumnaya-elektronika-fiziko-tehnicheskie-osnovy3883606/> 19
5. Модинос А. - Авто, термо и вторично-электронная эмиссионная спектроскопия.- М: Наука, 1990.
6. Шимони К. - Физическая электроника.- М: Энергия, 1977. URL: <https://www.twirpx.com/file/391367/>
7. Миллер М.К. и Смит Г.- Зондовый анализ в автоионной микроскопии.- М: Мир, 1993.
8. Ненакаливаемые катоды (под ред. М.И. Елинсона). М.: Советское Радио. 1974. URL: <http://fireras.su/biblio/wp-content/uploads/26674.pdf>
9. Murr L.E. Electron and Ion Microscopy and Microanalysis. Principles and applications. 2-nd Edition. NY-Basel-Hong Kong: 1991.
10. Добрецов Л.Н., Гомоюнова М.В. - Эмиссионная электроника.- М: Наука, 1966. URL: <https://www.twirpx.com/file/2015789/>
11. Швилкин Б.Н., Мискинова Н.А. - Физическая электроника в задачах.- М: Наука, 1987.

### 8.3. Периодические издания.

### 8.4. Информационные, информационно-справочные системы.

Электронные библиотечные системы (ЭБС)	
Электронно- библиотечная система «ЭБ БашГУ»	<a href="http://elib.bashedu.ru/">elib.bashedu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	<a href="http://biblioclub.ru/">biblioclub.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ»	<a href="http://biblio-online.ru/">biblio-online.ru/</a>
Российские научные ресурсы	
Научная электронная библиотека (eLibrary)	<a href="http://elibrary.ru/">elibrary.ru/</a>
Электронная база данных диссертаций	<a href="https://ldiss.rsl.ru/">https://ldiss.rsl.ru/</a>

РГБ	
<b>Зарубежные научные ресурсы</b>	
Наукометрическая база данных «Scopus»	<a href="https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic">https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic</a>
Полнотекстовая база данных ScienceDirect	<a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
Wiley	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a>
Springer	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
Nature	<a href="https://www.nature.com/">https://www.nature.com/</a>
Taylor and Francis	<a href="https://www.tandfonline.com/">https://www.tandfonline.com/</a>
Questel Orbit	<a href="https://www.orbit.com/#PatentEasySearchPage">https://www.orbit.com/#PatentEasySearchPage</a>

### 8.5. Профессиональные базы данных.

*(Приводится перечень лицензионного или свободно распространяемого программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем).*

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Университет обеспечивает аспиранту доступ к научно-исследовательской инфраструктуре в соответствии с программой аспирантуры и индивидуальным планом работы.

Университет обеспечивает аспиранту в течение всего периода освоения программы аспирантуры индивидуальный доступ к электронной информационно-образовательной среде Университета посредством информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и (или) локальной сети Университета в пределах, установленных законодательством Российской Федерации в области защиты государственной и иной охраняемой законом тайны.

Университет обеспечивает аспиранту доступ в учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

*Каждый вид помещения может быть дополнен средствами обучения, реально используемыми при проведении учебных занятий соответствующего типа (например, лабораторные стенды, макеты, имитационные модели, компьютерные тренажеры, симуляторы, муляжи, учебно-наглядные пособия, плакаты и т.п.).*

Наименование аудиторий, кабинетов, лабораторий	Форма учебных занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: лаборатория №313 (Лаборатория «Радиопрактикум») (физмат корпус – учебное).	Лекции	1. Генератор ГЗ – 118, 2 шт. 2. Интерактивная доска Hitachi Star Board FX-82 WL (HT-FX-82WL) – 1 шт. 3. Мультимедиа проектор AcerP 1203. 4. Персональный компьютер в комплекте Моноблок iRU 502 21.5”, 3 шт. 5. Системный блок HP Pavilion Simline S3500F AMD Athlon 64 X2 5400+/2/8 GHz, 4Gb, 500Gb, Wi-Fi (IEEE 802.11g), NVIDIA GeForce 6150 SE (кл-ра, мышь). 6. Телевизор LED 42” (106 см) LG 45 LM3400 (3D, FHD, 1980*1080, USB). 7. Флипчарт/ доска белая/ 60*90. 8. Кронштейн HOLDERPFS-4015 20- 65, до 90 кг. до

		<p>стены 28 мм. 9. Прибор Щ – 4313, 2 шт. 10. Стенд универсальный «ОАВТ». 11. Монитор 17” LG Flatron L1750USN. 12. Монитор 15” Samsung 510. 13. Монитор 17” Philips 170 S6FB (LCD, 1280-1024+DVI). 14. Монитор 19” Samsung 920N (KSZ), (LCD, TFT, 1280*1024-75Hz, 700:1,8 ms, 160/160, 250кд/м) TCO”99</p> <p>15. Осциллог</p> <p>1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия - OLPNL Academic Edition. Срок лицензии - бессрочно.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензия-OLPNL Academic Edition. Срок лицензии - бессрочно.</p> <p>3. «Права на программы для ЭВМ Office Standart 2013 Russian OLP NL Academic Edition», гражданскоправовой договор № 114 от 12 ноября 2014 г.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: лаборатория № 313 (Лаборатория «Радиопрактикум») (физмат корпус – учебное), лаборатория № 312 (Научнообразовательный центр нанофизики и нанотехнологий) (физмат корпус – учебное)</p>	<p>Семинарные занятия</p>	<p>1. Генератор ГЗ – 118, 2 шт. 2. Интерактивная доска Hitachi Star Board FX-82 WL (HT-FX-82WL) – 1 шт. 3. Мультимедиа проектор AcerP 1203. 4. Персональный компьютер в комплекте Моноблок iRU 502 21.5”, 3 шт. 5. Системный блок HP Pavilion Simline S3500F AMD Athlon 64 X2 5400+/2/8 GHz, 4Gb, 500Gb, Wi-Fi (IEEE 802.11g), NVIDIA GeForce 6150 SE (кл-ра, мышь). 6. Телевизор LED 42” (106 см) LG 45 LM3400 (3D, FHD, 1980*1080, USB). 7. Флипчарт/ доска белая/ 60*90. 8. Кронштейн HOLDERPFS-4015 20- 65, до 90 кг. до стены 28 мм. 9. Прибор Щ – 4313, 2 шт. 10. Стенд универсальный «ОАВТ». 11. Монитор 17” LG Flatron L1750USN. 12. Монитор 15” Samsung 510. 13. Монитор 17” Philips 170 S6FB (LCD, 1280-1024+DVI). 14. Монитор 19” Samsung 920N (KSZ), (LCD, TFT, 1280*1024-75Hz, 700:1,8 ms, 160/160, 250кд/м) TCO”99</p> <p>15. Осциллог</p> <p>1. Windows 8 Russian; Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензия - OLPNL Academic Edition. Срок лицензии - бессрочно.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензия-OLPNL Academic Edition. Срок лицензии - бессрочно.</p> <p>3. «Права на программы для ЭВМ Office Standart 2013 Russian OLP NL Academic Edition», гражданскоправовой договор № 114 от 12 ноября 2014 г.</p>
<p>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: лаборатория № 312 (Научнообразовательный центр нанофизики и нанотехнологий) (физмат корпус – учебное).</p>	<p>Групповые и индивидуальные занятия</p>	<p>Монитор Beng SE2241, 21.5” TFT, glossyblak. 2. Измерительный модуль для нанолaborатории SFV01. 3. Карточка. ШК-4, 4 ящика, замок. 4. Компьютер (ноутбук) ARBYTE 164C/P4-2.8/512/60/DVDCDRW/GF4-64MB/WINXP. 5. Компьютер в составе: монитор, клавиатура, мышь (логитек). 6. Копировальный аппарат (цифр) MITA KM 1500. 7. Мультимедиа проектор HitachiCPS 235. 8. Ноутбук Aser Aspire E1-571G52454G50M nks 15.6” i5 wifi, cam. MS Win7. 9. ОсциллографОСУ-10. 10. ОсциллографС-1-220 (20МГц, 2 кан.). 11. Пирометр (измеритель температуры) Centre352. 12. ПринтерKJOCERAFC-920. 13. ПринтерHP LaserJet 1100. 14. ПринтерHP LaserJetP1102. 15. Принтер цветной HP Color Laser Jet Pro CP1525nw. 16. Системный блок компьютера Celetron 2.4/ASUStec P4S800/CDRW Sony/512Mb/3.5”/80Gb/ATX. 17. Сканер HP Scan Jet G3110 (CCD, A4, color, 4800dpi, USB2.0, 35ммслайдер-адаптер). 18. Сканирующий мультимодовый зондовый микроскоп SolverP47. 19. Телевизор LED 42” (106 см.)45, LM3400 (3D, FHD, 1980*1080, USB). 20. Холодильник «Саратов-1614М». 21. Цифровая камера SonyAlphaSLTA37K 18-55mm. 22.</p>

		Экран на штативе 150*150. 23. Источник питания ВИП-009. 24. Мультиметр МУ64. 25. Подставка под системный блок. 26. Портрет. 27. Прибор Щ-4300. 28. Стенд универсальный «ОАВТ». 29. Стенд универсальный «ОАВТ». 30. Стол универсальный СУ 126. 31. Ноутбук рG62-b11ER/DVDRW/WiFi/VT/Cam/Win7НВ/15.6"/2.56 кг. 32. Зондовая нанолaborатория ИНТЕГРА- АУРА.
--	--	--